

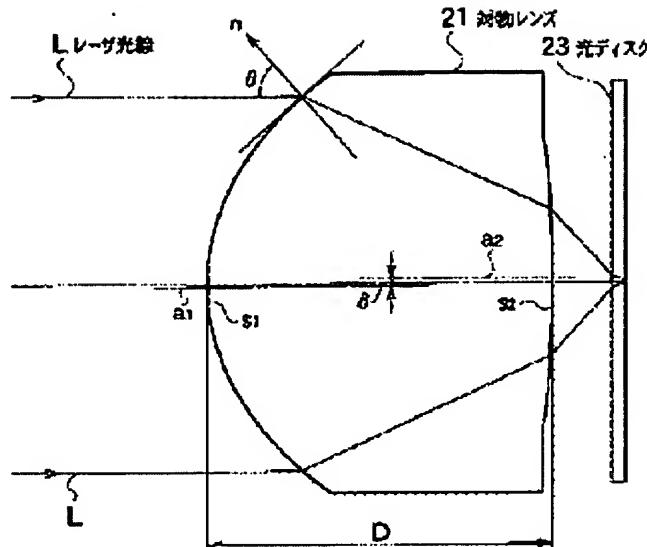
OBJECTIVE LENS FOR OPTICAL DISK

Patent number: JP2002156579
Publication date: 2002-05-31
Inventor: ITONAGA MAKOTO
Applicant: VICTOR CO OF JAPAN LTD
Classification:
- International: G02B13/18; G02B3/04; G11B7/135
- European:
Application number: JP20000350144 20001116
Priority number(s):

Abstract of JP2002156579

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an objective lens for an optical disk whose best image surface chromatic aberration characteristic is made excellent, whose off-axis aberration characteristic is made excellent and which has gentle eccentric tolerance.

SOLUTION: This objective lens for an optical disk is a single lens whose numerical aperture is ≥ 0.7 and whose both surfaces are aspherical, and the center thickness of the lens is larger than a focal distance.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-156579

(P2002-156579A)

(43)公開日 平成14年5月31日 (2002.5.31)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 2 B 13/18
3/04
G 1 1 B 7/135

識別記号

F I
G 0 2 B 13/18
3/04
G 1 1 B 7/135

テマコード(参考)
2 H 0 8 7
5 D 1 1 9
A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-350144(P2000-350144)

(22)出願日 平成12年11月16日 (2000.11.16)

(71)出願人 000004329

日本ピクター株式会社
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(72)発明者 糸長 誠

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ピクター株式会社内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外9名)

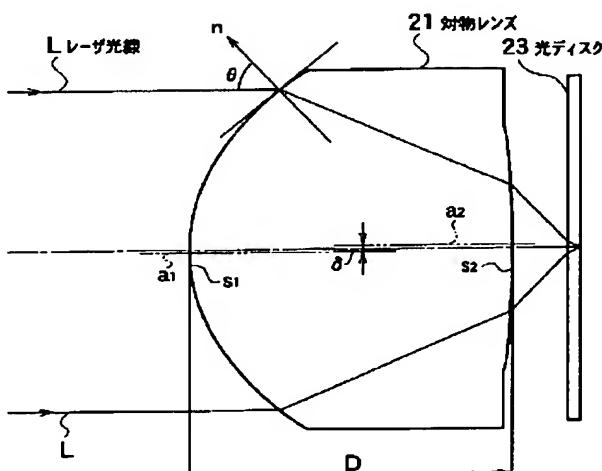
Fターム(参考) 2H087 KA13 LA01 NA01 PA01 PA17
PB01 QA02 QA05 QA07 QA13
QA14 RA05 RA12 RA13
5D119 AA11 AA22 AA38 BA01 JA44
JB02 JB03

(54)【発明の名称】 光ディスク用対物レンズ

(57)【要約】

【課題】この発明の目的は、最良像面色収差特性に優れかつ軸外収差特性に優れ、緩やかな偏芯公差を有する光ディスク用対物レンズを提供することである。

【解決手段】この発明の光ディスク用対物レンズは、開口数が0.7以上の両面非球面単レンズであり、レンズの中心厚さが焦点距離より長いことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 開口数が0.7以上の両面非球面単レンズであり、レンズの中心厚さが焦点距離より長いことを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

【請求項2】 設計基準波長における結像倍率が0倍である請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項3】 設計基準波長が0.45μmよりも短いことを特徴とする請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項4】 焦点距離が、4.0mmより短く次式で示されるtより長いことを特徴とする請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$t = d/n + 0.9 \text{ (mm)}$$

ここに、dは光ディスクの厚さであり、nは光ディスクの屈折率である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大容量の光ディスクを実現する高い開口数（NA）を有する対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、CDディスクは、開口数が0.45～0.5である対物レンズを用い、780nm程度波長を有するレーザ光で、読み取り又は書き込みされている。またDVDディスクは、開口数が0.6程度の対物レンズを用い、650nm程度の波長を有するレーザ光で、読み取り又は書き込みされている。

【0003】一方、光ディスクの容量を上げるために、より短い波長のレーザ光とより高い開口数を有するレンズを使用する次世代光ディスク・ピックアップシステムの開発が進められている。

【0004】そして、より短い波長を有するレーザとしては、波長が400nmのいわゆる青色レーザが考えられている。

【0005】また、より高い開口数を有する対物レンズとしては、開口数が0.7の単レンズを用いたシステムあるいは、開口数が0.85の2群レンズを用いたシステムが報告されている。

【0006】前者は、Jpn. J. Appl. Phys. Vol.39 (2000) pp.978-979 M. Itonaga et al. "Optical Disk System Using a High-Numerical Aperture Single Objectivellens and a Blue LD" に報告されている。

【0007】後者は、Jpn. J. Appl. Phys. Vol.39 (2000) pp.937-942 I. Ichimura et al. "Optical Disk Recording Using a GaN Blue-Violet Laser Diode" に報告されている。

【0008】しかし前記2群レンズを用いたシステムは、組立工程が必要な上にレンズが2枚必要なことから、量産性に劣りかつコストも高くなる。

【0009】そこで、前記次世代システムとしては、よ

り簡単な構成である単レンズによる光ピックアップが望まれている。ここに単レンズを用いる光ピックアップにおいては、0.7より大きい開口数を有する対物レンズが望まれている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】高い開口数を有する単レンズを実用化するための問題点は、製造公差が厳しくなる点及び設計性能が悪くなる点である。

【0011】より詳細には、前記製造公差は、両面非対称レンズにおける入射・出射面間の間隔公差あるいは、前記2面の幾何学的中心間の間隔公差（偏芯公差）あるいは、前記2面間の傾きの公差等を意味する。しかしこれらの製造公差は、製造技術の改善と向上で対応することが可能である。即ち数ミクロン～数十ミクロン程度の範囲の公差を確保した製造をすることは可能である。

【0012】一方前記設計性能の悪化は、レンズ設計上の性能悪化のことであり、より詳細には、軸外光線に対する収差発生（以下、軸外収差と略称する。）及び、複数の波長を有する軸上光線に対する各波長での最良の像面での球面収差（以下、最良像面色収差と略称する。）を意味する。ここに軸上光線とはレンズの光軸に平行に入射する光線のことであり、軸外光線とはレンズの光軸に対して傾斜して入射する光線を意味する。即ち、設計基準波長を有する軸上光線に対して球面収差が発生しないように設計することは可能であるが、前記収差については従来のCD用あるいはDVD用の対物レンズに比べて良い値を得ることが困難である。

【0013】前記軸外収差及び最良像面色収差を、詳細に説明すると以下の通りである。

【0014】前記軸外収差は、前記製造公差を考慮せずに設計する場合においても一般的に従来より劣る。開口数が大きくなると光軸に対して大きな傾斜角を有する光線が入射するからである。前記軸外収差は、製造公差を考慮するとさらに悪くなることが知られている。より詳細には、前記製造公差のうちで最も重要な公差は前記偏芯公差であるが、当該偏芯公差を大きくするためには前記軸上収差と前記軸外収差を犠牲にする必要がある。すなわちある程度の軸上収差及び軸外収差を有するようにレンズを設計することにより、偏芯が生じても結果としてレンズ性能をほぼ維持することができるレンズを実現することができる。ここに軸上収差に関しては僅かに劣化するだけであるが、開口数が0.6を越えるような高開口数レンズにおいては、軸外収差をかなり犠牲にしないと製造が可能となるミクロンオーダーの偏芯公差を確保することができない。

【0015】これをDVD用レンズの場合と比較すると以下の通りである。例えば焦点距離3.3mmで厚さが2mmのDVD用レンズにおいて、例えば偏芯公差5ミクロンを有するレンズを設計すると、0.5度の入射光に対して軸外収差0.03λ以下の性能を有するレンズ

は容易に製作することができる。

【0016】しかし、短波長レーザ光を使用する高開口数レンズでは、このようなレンズの製作が困難となる。

【0017】一方、前記最良像面色収差は前述の如く、レーザ光の波長がレンズの設計波長に対してずれがある場合において、当該レーザ波長に対する最良な像面で評価した場合に発生する球面収差である。より詳細には以下の通りである。

【0018】図8は、405nmの光に対して収差が補償されている場合において400nm及び410nmの光に対して発生する縦収差図を示す。当該縦収差を表す線が曲がっていると球面収差が存在することになる。

【0019】図8において、例えばレーザ波長が、設計基準波長である405nmからずれて410nmに変動した場合、当該レーザ波長に対する最良像面は、 $x = 0$ の位置から $x = +a$ の位置へ変動する。この位置変動した410nmの縦収差図において、光線高さの高い（即ちyの値が大きい）光線は主光線とは異なった位置で光軸と交わり図示の如き球面収差を発生する。

【0020】図9は、前記収差を波面収差の量として評価した場合の最良像面色収差と波長との関係をしめす（以下、この関係を最良像面色収差特性と称する。）。

【0021】図9に示すように、最良像面色収差特性は、レンズの設計基準波長入 λ_0 に於いて最低値を有し、その設計基準波長からずれるに従って大きな値を有する。従って、図9の最良像面色収差特性から、そのレンズの使用できる波長範囲入 \pm （最大波長入 $+$ 、最小波長入 $-$ ）が定められる。

【0022】前記最良像面色収差についてDVD用レンズでは、以下の通りである。

【0023】例えば焦点距離が3.3mmで厚さが2mmのDVD用レンズにおいて、偏芯公差5ミクロンのレンズを設計すると、波長変化が生ずる場合の最良像面色収差を0.02入以下に抑えられる波長範囲は615nm～700nmへ亘り、非常に広い。

【0024】しかし、青色レーザの波長領域では最良像面色収差特性が厳しくなり、広い波長範囲を得ることは困難である。

【0025】このように短波長の光に対して最良像面色収差特性が厳しくなるのは、例えばガラスの屈折率の波長変動が大きい為である。また収差が波長に反比例して大きくなるためである。従って波長が450nmになるとDVDで用いられている650nmに比べて波長が70%となり、結果として精度公差が70%になる。開口数が上がる場合には、これによる収差が掛け合わされることになる。

【0026】この発明の目的は、前記問題点を克服することであり、最良像面色収差特性に優れかつ軸外収差特性に優れ、緩やかな偏芯公差を有する光ディスク用対物レンズを提供することである。

【0027】

【課題を解決するための手段】この発明の光ディスク用対物レンズは、開口数が0.7以上の両面非球面単レンズであり、レンズの中心厚さが焦点距離より長いことを特徴とする。

【0028】このレンズによれば、レンズ第1面での屈折の際の偏角を小さくすることができる。このことは、当該第1面の曲率半径を小さくすることができ、当該第1面の法線と光軸のなす角を小さくすることができることを意味する。従って、波長が変化した場合の屈折角の変化を最小にし球面収差の発生を抑制することができる。すなわち、最良像面における色収差を改善することができる。軸外光線に対する収差についても、入射光の方向変化が前記第1面出射後の屈折角の変化に与える影響が小さくなり、当該軸外収差を最小にすることができます。

【0029】前記光ディスク用対物レンズは、設計基準波長における結像倍率が0倍であるのが好ましい。ここに設計基準波長とは、当該レンズを設計する際に基準として採用される波長であり、当該レンズは設計基準波長の光を、軸外光線及び軸上光線を含めて同一の像面内に最もシャープに収束せしめる。

【0030】前記のように結像倍率を0倍とすることにより、干渉計を用いて容易に性能をレンズ単品で測定することが可能になり、高度な品質管理が可能になる。

【0031】前記光ディスク用対物レンズはまた、前記設計基準波長が0.45μmよりも短いのが好ましい。

【0032】前記光ディスク用対物レンズはまた、焦点距離が4.0mmよりも短く、次式で示される $t = d/n + 0.9$ (mm)より長いのが好ましい。ここにdは光ディスクの厚さであり、nは光ディスクの屈折率である。

【0033】焦点距離をtより長くすることにより作動距離（レンズ先端とディスク表面の距離）を0.3mm以上確保することができる。より詳細には、作動距離を0.25mm以上確保することにより、レンズとディスクの衝突の可能性を低減することができる。すなわちプラスチックで作られているディスクは反りを有する。この反りの量はディスクの直径にも依存するが、例えば120mmの大きさの次世代システム用ディスクの面ぶれは±0.2mm程度と考えられる。従って0.25mm以上の作動距離があれば、制御回路側での工夫（例えばディフェクトがある場合のレンズの回避制御等）と併せて、ディスクとレンズの衝突の危険性を必要十分な程度に下げることができる。もちろんサポート技術等の他の技術を適用することでディスクとレンズが衝突しないことが保証されるか、あるいは衝突が許容されるディスクシステムを用いる場合あるいはより小径のディスクを用いる場合（例えばムービー）では、より短い焦点距離のレンズを用いることもできる。

【0034】また焦点距離を4.0mm以下に設計することにより、開口数が0.7以上の場合でも光束直徑を5.6mm以下にすることができる、ピックアップの小型化を保持することができる。またレンズ自体も小型化あるいは軽量化を保持することができ、フォーカスサーボあるいはトラッキングサーボに用いられるアクチュエータの広域特性を保持することができる、広い帯域の要求されるサポート特性を得ることができる。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、図1乃至図7を参照してこの発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0036】図1は、この発明の光ディスク用対物レンズの第1実施形態21及びこの対物レンズと共に使用される光ディスク23を示す。

【0037】この第1の実施形態の光ディスク用対物レンズ21は、一般的には、設計基準波長が450nmよりも短く、開口数が0.7以上を有し、レンズの中心厚さDが焦点距離よりも長い両面非球面単レンズである。

【0038】より詳細には、この対物レンズ21の設計基準波長は405nmに設定されている。

【0039】またこの対物レンズの開口数(NA)は0.75に設計されている。

【0040】またこの対物レンズの焦点距離は2.5mmであり、前記設計基準波長405nmにおける結像倍率は0倍である。

【0041】また、第1面S1と第2面S2との間の偏芯δ(面S1の幾何学的中心軸a1と面S2の幾何学的中心軸a2との間の距離)が5ミクロンのときの収差(偏芯特性)は、0.03λ以下になるように設計されている。

【0042】また、レンズの硝種は次のようにある。

【0043】NbF₁(屈折率n_d=1.7433、アッペ数ν_d=49.22)

また光ディスク23は次のように設計されている。

【0044】カバー硝子厚さ:0.11mm(ポリカーボネート0.1mm+アクリル0.01mm)

またこのレンズ21は、軸に平行な光線に対する収差すなわち軸上収差が0.003λ(rms)程度の大きさを有するように設計されている。ここにrmsは二乗平均(root mean square)を意味する。また入は設計基準波長であり、この実施形態では405nmである。

【0045】図2は、前記第1実施形態のレンズにおいて、レンズの厚さDの変化に応じて軸外収差がどのように変動するかを示す。

【0046】ここに、軸外収差とは既に述べたように、レンズの光軸に対して傾斜した角度で光線が入射する場合に、焦点面で発生する収差を意味する。なお図2では、光軸に対して0.5度の角度で光線が入射すると仮定される。図2は、前記対物レンズ21に対して光線追跡法により計算された値である。

【0047】図2から理解されるように、レンズ厚さDが焦点距離(2.5mm)よりも大きくなると前記収差は0.04λ(rms)よりも小さくなり良好な収束像が得られる。

【0048】図3は、第1実施形態のレンズにおいて、レンズ厚さDの変化に応じて最良像面色収差がどのように変化するかを示す。

【0049】より詳細には、設計基準波長405nmからずれた波長410nmを有する光線の球面収差(rms)がレンズ厚さDの変化に応じてどのように変化するかを示す。

【0050】図3から理解されるように、前記410nmでの球面収差(rms)も、レンズ厚さDが焦点距離2.5mmよりも大きくなると十分小さな値に(図3では0.02λよりも小さくなる)ことが理解される。

【0051】従って、前記第1実施形態によれば、レンズの中心厚さDを焦点距離よりも長くすることにより良好な最良像面色収差特性及び軸外収差特性を得ることができる。従ってまた、第1実施形態のレンズによれば、レンズ厚さDを焦点距離2.5mmよりも大きくすることにより、使用可能なレーザ波長範囲を広げることができる。

【0052】なお、図2及び図3の軸外収差及び最良像面色収差の値は、前記レンズの開口数あるいはレンズを作るガラスの種類あるいはその他の設計の違いにより異なる。またレンズの仕様によっても異なる。例えば焦点距離が短くなれば当然の結果として収差に関する特性は向上する。しかし、光の波長が450nmよりも短く、かつ、開口数が0.7以上の両面非対称単レンズにおいて、レンズの中心厚さを焦点距離よりも長くすれば良好な色収差特性と軸外収差特性を有する光ディスク用対物レンズを作ることができると点は一般化して考えることができる。

【0053】従って、設計基準波長が0.45μmよりも短く、かつ、開口数が0.7以上の場合において、レンズの中心厚さDを焦点距離よりも長くすることにより良好な最良像面色収差特性及び軸外収差特性を得ることができる。

【0054】また前記第1実施形態においては、設計基準波長における結像倍率を0倍にすることにより、干渉計を用いて容易に性能をレンズ単品で測定することが可能となり、高度な品質管理が可能になる。

【0055】なおレンズの製造誤差あるいはディスクの厚さ誤差あるいは温度変化等による球面収差の増加がある場合には、対物レンズに入射する光の平行度を変化させて逆方向の球面収差を発生させこの逆方向球面収差により前記発生する球面収差を補償することもできる。なお前記レンズ製造誤差による球面収差が発生する場合は、結像倍率が0倍からされることに他ならない。

【0056】図4は、この発明の光ディスク用対物レン

7

ズの第2実施形態31とこの対物レンズと共に使用される光ディスク33を示す。

【0057】このレンズ31のレンズ仕様は、表1に示す通りである。

【0058】

【表1】

レンズ仕様

設計波長	405 nm
N A	0.75
焦点距離	2.5 mm
入射瞳直径	3.75 mm

10

*

レンズの設計値

面番号	面形状	半径	厚さ	ガラス	コーニック定数
1	非球面	2.075403	3.500002	NBF1	-0.2798963
2	非球面	-6.962995	0.598987		-529.1943
3		Infinity	0.1	POLYCARB	
4		Infinity	0.01	ACRYLIC	
像面					

ここに、第3面、第4面は光ディスク33の設計値を示す。また表2の中のガラスの屈折率は、表3に示す通りである。

【0060】

【表3】

屈折率

NBF1	1.76898499
POLYCARB	1.62230752
ACRYLIC	1.50650420

またレンズ31の第1面、第2面の非球面係数は表4、表5に示す通りである。なお、光軸の高さがYとなる非球面上の座標点の非球面頂点の接平面からの距離Xは、非球面頂点の曲率(1/r)をC、円錐係数(コーニック定数)をK、4次から12次の非球面係数をA4から、A12として、次に示す式で表される。

【0061】

$$\begin{aligned} \text{【数1】 } X = & C Y^2 / [1 + \sqrt{1 - (1 + K) C^2 Y^2}] + A_4 Y^4 + A_6 Y^6 + A_8 Y^8 + A_{10} Y^{10} \\ & + A_{12} Y^{12} \end{aligned}$$

【表4】

非球面係数

第1面

rの4乗の係数A4	-0.00174879
rの6乗の係数A6	-0.00015845294
rの8乗の係数A8	-0.00033158283
rの10乗の係数A10	8.7997012e-005
rの12乗の係数A12	-1.7681848e-005

【表5】

* またこのレンズのレンズ設計値は表2に示す通りである。

【0059】

【表2】

10

非球面係数

第2面

rの4乗の係数A4	0.031198858
rの6乗の係数A6	-0.056548233
rの8乗の係数A8	0.033199766
rの10乗の係数A10	-0.00048162717
rの12乗の係数A12	-0.0038802889

図5は、前記第2実施形態の対物レンズに於ける、400、405、410 nmの3波長での縦収差図である。

【0062】このレンズの最良像面収差(rms)は、表6に示す通りである。

【0063】

【表6】

最良像面色収差特性

400 nm	0.013 λ (rms)
405 nm	0.006 λ (rms)
410 nm	0.014 λ (rms)

従って、この第2実施形態によれば、最良像面色収差特性に優れた光ディスク用対物レンズを実現することができる。

【0064】また、このレンズにおいては、面間偏芯が5 μmの時の収差は、0.025 λ (rms)である。また、このレンズに於いて、作動距離は、0.60 mmである。

【0065】図6は、この発明の光ディスク用対物レンズの第3実施形態41とこの対物レンズと共に使用される光ディスク43を示す。

【0066】このレンズ41のレンズ仕様は、表7に示す通りである

50 【表7】

レンズ仕様

設計波長	405 nm
N A	0.75
焦点距離	1.5 mm
入射瞳直径	2.25 mm

*

レンズの設計値

面番号	面形状	半径	厚さ	ガラス	コーニック定数
1	非球面	1.186043	1.7	NBF1	-0.2942041
2	非球面	-15.83456	0.497105		-4974.452
3		Infinity	0.1	POLYCARB	
4		Infinity	0.01	ACRYLIC	
像面					

ここに、第3面、第4面は光ディスク43の設計値を示す。また表8の中のガラスの屈折率は、表3に示す通りである。またレンズ31の第1面、第2面の非球面係数は表9、表10に示す通りである。

【0068】

【表9】

非球面係数

第1面

rの4乗の係数A4	-0.0081068112
rの6乗の係数A6	-0.0068562912
rの8乗の係数A8	-0.0045819339
rの10乗の係数A10	0.0022623792
rの12乗の係数A12	-0.0043029508

【表10】

非球面係数

第2面

rの4乗の係数A4	0.13708296
rの6乗の係数A6	-0.36149219
rの8乗の係数A8	0.1145607
rの10乗の係数A10	0.70178705
rの12乗の係数A12	-0.72328397

図7は、前記第3実施形態の対物レンズに於ける、400、405、410 nmの3波長での縦収差図である。

【0069】このレンズの最良像面収差(rms)は、表11に示す通りである。

【0070】

【表11】

最良像面色収差特性

400 nm	0.009 λ (rms)
405 nm	0.001 λ (rms)
410 nm	0.009 λ (rms)

従って、この第3実施形態によれば、最良像面色収差特性に優れた光ディスク用対物レンズを実現することができる。

* またこのレンズのレンズ設計値は表8に示す通りである。

【0067】

【表8】

10

【0071】また、このレンズにおいては、面間偏芯が5 μm時の収差は、0.027 λ (rms)である。また、このレンズに於いて、作動距離は、0.50 mmである。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、最良像面色収差特性に優れかつ軸外収差特性に優れた光ディスク用対物レンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、この発明の光ディスク用対物レンズの第1実施形態の説明図である。

【図2】図2は、前記第1実施形態の対物レンズの光軸に対して0.5度の傾斜角度を有する光線が入射する場合のレンズ厚さDと収差との関係を示す図である。

【図3】図3は、前記第1実施形態の対物レンズへ410 nmの波長を有するレーザ光が入射する場合のレンズ厚さDと最良像面収差(rms)との関係を示す図である。

【図4】図4は、この発明の対物レンズの第2実施形態を示す図である。

【図5】図5は、第2実施形態の対物レンズの400 nm、405 nm、410 nmのレーザ光に対する縦方向収差を示す図である。

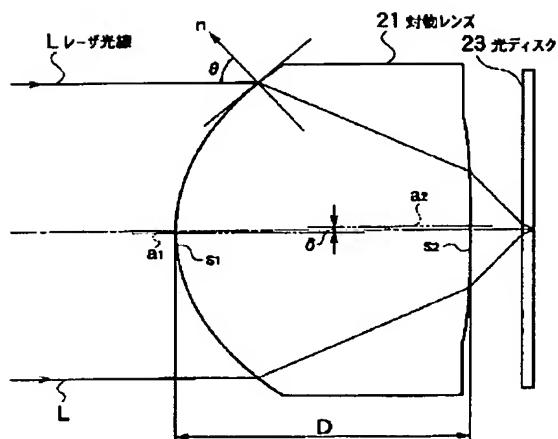
【図6】図6は、この発明の光ディスク用対物レンズの第3実施形態を示す図である。

【図7】図7は、前記第3実施形態の対物レンズへ400 nm、405 nm、410 nmのレーザ光が入射した場合のそれぞれの入射光の縦方向収差を示す図である。

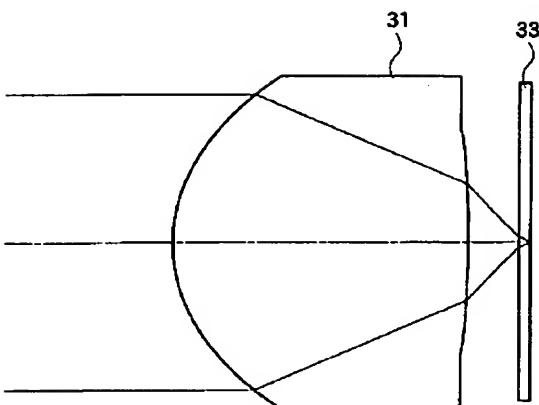
【図8】図8は、最良像面色収差を説明するための説明図である。

【図9】図9は、設計基準波長からずれた波長を有するレーザ光がレンズへ入射する場合の最良像面色収差の変動を示すと共に、最良像面色収差との関係でのレンズの使用可能範囲を説明するための説明図である。

【図1】

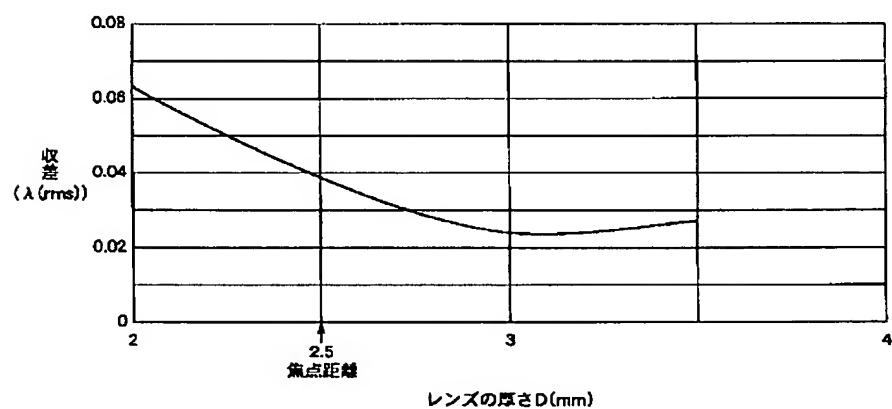


【図4】



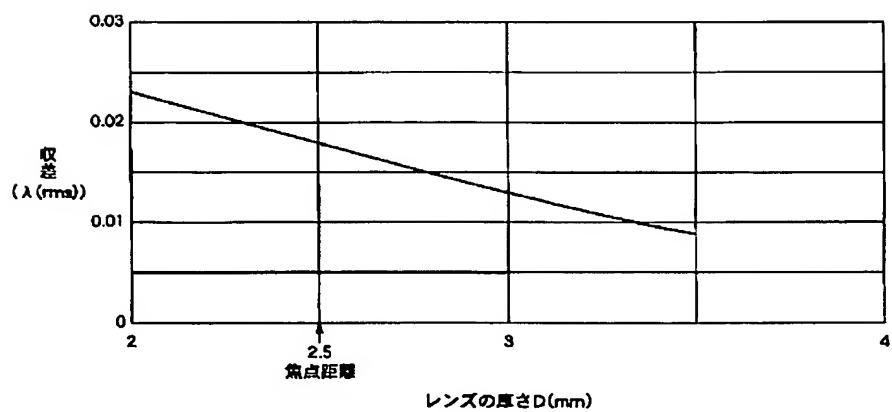
【図2】

軸外収差(0.5度)

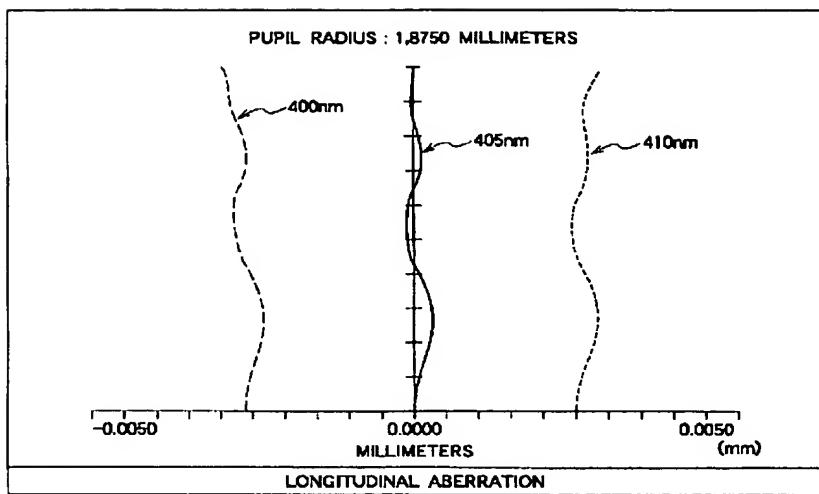


【図3】

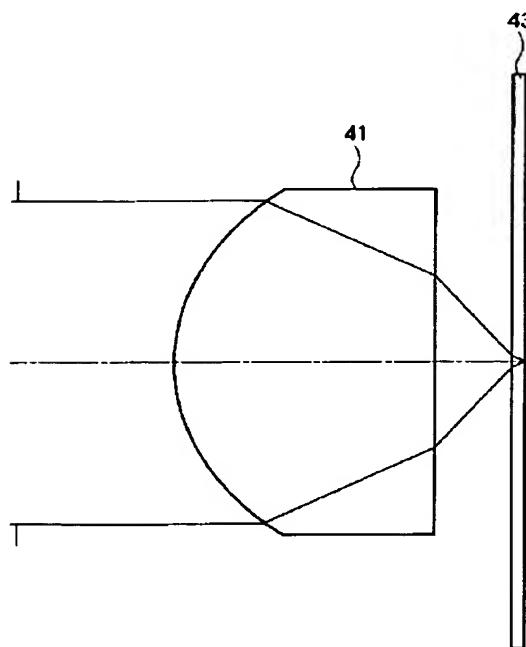
410nmでの収差



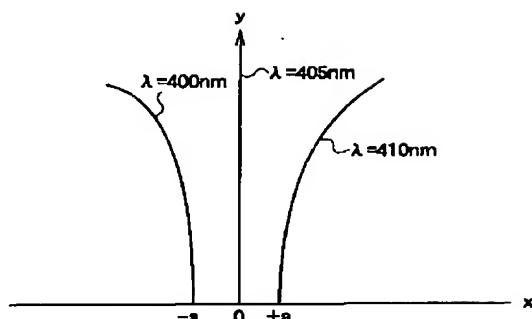
【図5】



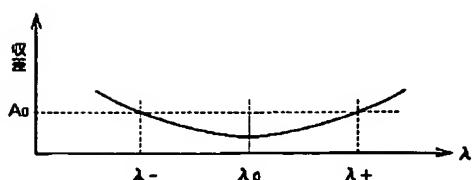
【図6】



【図8】



【図9】



【図7】

